

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-244063

(43)Date of publication of application : 08.09.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/227

H01S 5/323

(21)Application number : 11-041674

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 19.02.1999

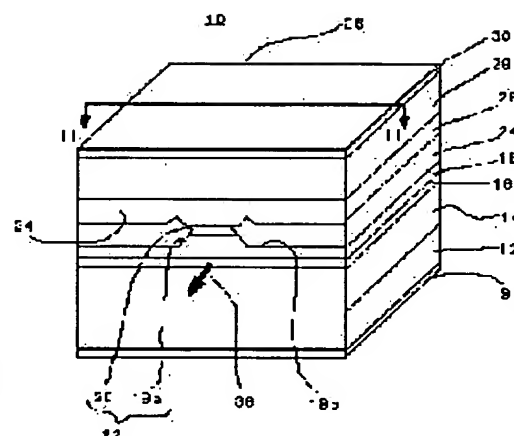
(72)Inventor : MIYASHITA MUNEHARU  
NISHIGUCHI HARUMI  
SHIMA AKIHIRO  
OKURA YUJI

## (54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide such a semiconductor laser in a normal mesa ridge buried waveguide semiconductor laser that can reduce a resistance in elements on the top of the normal mesa ridge pinched by current block layers and realize a high output, by ensuring the stability in the horizontal mode by reducing a width of the bottom of the normal mesa ridge and by eliminating optical absorption loss by ensuring enough thickness of a clad layer.

**SOLUTION:** An upper clad layer is provided with a first upper clad layer 18 having a normal mesa ridge 18a and a second upper clad layer 26 formed on the first upper clad layer 18, and the second upper clad layer 26 is arranged on the first upper clad layer 18 with the normal mesa ridge 18a and current block layers 24 formed on both sides of the normal mesa ridge 18a in between.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-244063  
(P2000-244063A)

(43) 公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-リ-ト\* (参考)

H 0 1 S 5/227  
5/323

H 0 1 S 3/18

6 6 5 5 F 0 7 8  
6 7 3

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-41674

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(22) 出願日 平成11年2月19日(1999.2.19)

(72) 発明者 宮下 宗治

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72) 発明者 西口 晴美

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(74) 代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外2名)

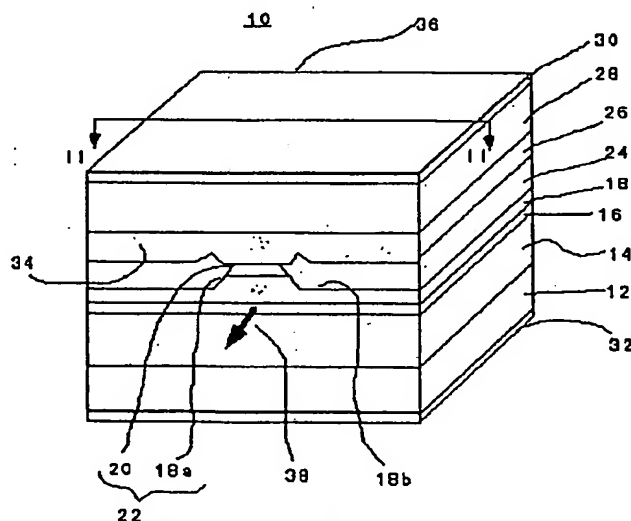
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 順メサリッジ埋込導波型半導体レーザにおいて、順メサリッジの基底部の幅を狭くして横モードの安定性を確保し、かつ上クラッド層の厚みを充分確保して光の吸収ロスを少なくしつつ、電流ブロック層で挟まれた順メサリッジ頂上部の素子抵抗の少ない高出力の半導体レーザを提供する。

【解決手段】 上クラッド層を順メサリッジ18aを有する第1の上クラッド層18と第1の上クラッド層18の上に配設された第2の上クラッド層26とで構成するとともに、この第2の上クラッド層26は順メサリッジ18aと順メサリッジ18aの両側に配設された電流ブロック層24とを介して第1の上クラッド層18の上に配設された。



12: 基板 14: 下クラッド層 16: 活性層  
18: 第1上クラッド層 24: 電流ブロック層  
26: 第2上クラッド層 20: キャップ層

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】主面を有する第1導電型の半導体基板と、この半導体基板の主面上に配設された第1導電型半導体の下クラッド層と、

この下クラッド層の上に配設された活性層と、この活性層の上に配設され、前記基板の主面に沿って延長する順メサリッジ状の第1の部分とこの第1の部分の底部両側に前記第1の部分より低い高さで延在した第2の部分とを有する第2導電型半導体の第1の上クラッド層と、

この第1の上クラッド層の第2の部分上、および前記第1の上クラッド層の第1の部分が有する両側面上に配設された電流ブロック層と、

前記第1の上クラッド層の第1の部分の上に配設された第2導電型半導体の第2の上クラッド層と、を備えた半導体レーザ装置。

【請求項2】第1の上クラッド層の第1の部分の頂上部に配設された第2導電型半導体のキャップ層をさらに備え、このキャップ層が有する両側面上に電流ブロック層が配設されるとともに、第2の上クラッド層が前記キャップ層を介して第1の上クラッド層の第1の部分の上に配設されたことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】キャップ層のエネルギーバンドのバンドギャップが活性層のそれよりも大きいことを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】下クラッド層、活性層、第1の上クラッド層、キャップ層および第2の上クラッド層がGaAsを含むAlGaAs系材料で構成されていることを特徴とする請求項2または3に記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】下クラッド層、活性層、第1の上クラッド層およびキャップ層がAlGaInP系材料で、また第2の上クラッド層がAlGaAs系材料で構成されていることを特徴とする請求項2または3に記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】第1の上クラッド層の第1の部分と対向しこれに近接する側の第2の上クラッド層の界面から活性層の中心までの距離が、光の強度中心の光強度を単位としたときに光の強度中心から光強度が $1/e$  ( $e$ は自然対数の底)に低下する位置までの距離以上であることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項7】半導体基板の主面が(100)面またはその等価な面、第1の上クラッド層の第1の部分の延長方向が[0-11]方向またはその等価な方向、およびこの第1の部分の側面が(111)A面またはその等価な面であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項8】半導体基板の主面が(100)面を[011]方向に所定の角度オフセットした面またはその等価

な面、第1の上クラッド層の第1の部分の延長方向が[0-11]方向またはその等価な方向、およびこの第1の部分の側面が(111)A面またはその等価な面であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項9】活性層が多重量子井戸構造であることを特徴とする請求項1ないし8のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項10】第1導電型の半導体基板上に、第1導電型半導体の下クラッド層、活性層、第2導電型半導体の第1の上クラッド層、および第2導電型半導体のキャップ層を順次形成する工程と、

キャップ層の表面上に誘電体膜を形成し、写真製版工程によりストライプ状のマスクパターンを形成する工程と、

ストライプ状のマスクパターンをマスクとして、マスク直下にキャップ層を残してキャップ層を貫通し第1の上クラッド層が露呈するまでエッチングし、第1の上クラッド層に順メサリッジ状の第1の部分とこの第1の部分の底部両側に前記第1の部分より低い高さで延在した第2の部分とを形成する工程と、

エッチングに使用したマスクパターンをマスクとして、第1の上クラッド層の第2の部分上、および第1の上クラッド層の第1の部分とこの第1の部分の上に形成されたキャップ層とが有する両側面上に電流ブロック層を形成する工程と、

マスクパターンを除去した後、キャップ層の表面上に第2導電型半導体の第2の上クラッド層を形成する工程と、を含む半導体レーザ装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体レーザ装置とその製造方法に係り、特に上クラッド層の順メサリッジとこの順メサリッジの表面上に形成された第2の上クラッド層を備えることにより素子抵抗を少なくし、レーザ光の横モード特性の安定させた順メサリッジ埋込型の半導体レーザ装置とその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】パソコンやマルチメディア機器などの情報記録媒体の大容量化に伴って、光を用いた書き込み可能な情報記録媒体であるMO(光磁気ディスク)やCD-R(追記型コンパクトディスク)が求められている。これら書き込み可能な光ディスクにおいて必要とされる書き込み用のレーザ装置は、波長が780nmの赤外レーザや波長が650nm～685nmの赤色レーザが使用され、レーザ光の横モードの安定化を確保しながら高出力化を図ることが必要である。

【0003】図8は従来の順メサリッジ埋込型半導体レーザの斜視図、図9は図8のIX-IX断面の断面図で

ある。図8および図9において、100は順メサリッジ埋込型の半導体レーザ、102は主面が(100)面であるn型GaAsの基板、104はこの基板102上に配設されたn型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asの下クラッド層、106はこの下クラッド層104の上に配設された多重量子井戸(以下MQWという)構造の活性層である。

【0004】このMQW構造はウエルがアンドープAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asで、ガイド層およびブロック層がアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asで形成されている(以下この材料構成のMQWを、アンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As MQWと記載する。また他の組成の材料で形成されたMQWも同様に記載する。)

【0005】108はp型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asの上クラッド層、108aは上クラッド層108の順メサリッジ、108bは上クラッド層108の平行部、110は順メサリッジ108aの頂上に配設されたp型GaAsのキャップ層で、順メサリッジ108aとキャップ層110とで順メサリッジ部109を構成している。

【0006】112はキャップ層110と順メサリッジ108aを埋め込むように上クラッド層108の平行部108b上に配設されたn型GaAsの電流ブロック層、114はキャップ層110と電流ブロック層112上にそれらと接して配設されたp型GaAsのコンタクト層、116はp側電極そして118はn側電極である。また、120は半導体レーザ100の出射側端面、122は裏面側端面、124の矢印はレーザ光である。なお、図9はp側電極116およびn側電極118が除かれた状態の断面図である。

【0007】このように構成された半導体レーザ100は次のように動作する。p側電極116とn側電極118の間に順バイアスの電圧を印加することにより、p側電極116からは電流ブロック層112で狭められた経路を介して活性層106に正孔が、またn側電極118からは活性層106に電子が注入される。キャリア(電子と正孔)は下クラッド層104と上クラッド層108により活性層106内に閉じ込められ、活性層106で電子と正孔の再結合によって自然放出光が発生する。この発生した自然放出光を下クラッド層104と上クラッド層108の間に閉じ込め、順メサリッジ部108aを導波路として出射側端面120と裏面側端面122との間で反射させることにより誘導放出を促進し、レーザ光124として取り出す。

【0008】半導体レーザ100では、活性層はアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As MQW構造であり、下クラッド層104と上クラッド層108はAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asであるので、下クラッド層104と上クラッド層108のバンドギャップは活性層106のそれよりも大きく屈折率は小さい。また電流ブロック層112はGaAsで構成されているために上クラッド層108よりもバンドギャップが小さく上クラッド層1

08よりも屈折率大きい。

【0009】このため、上クラッド層108の順メサリッジ部108a直下の活性層106で発生した光は、縦方向では下クラッド層104と上クラッド層108の順メサリッジ部108aで挟まれた領域に閉じ込められる。

【0010】また横方向の光の閉じ込めは、上クラッド層108の平行部108bの厚みを所定の厚みにして、活性層106と電流ブロック層112とを近接させ、平行部108bを介して活性層106と電流ブロック層112のバンドギャップの差異により電流ブロック層112で所定の光を吸収させることにより、横方向の光の閉じ込めを行っている。この形式の半導体レーザは利得導波型半導体レーザといわれるものである。

【0011】次に従来の半導体レーザの製造方法について説明する。n型GaAsの基板102上に、n型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asの下クラッド層104、アンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As MQW構造の活性層106、p型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asの上クラッド層108、p型GaAsのキャップ層110を順次MOCVD法等のエピタキシャル成長法で形成する。

【0012】次いでキャップ層110の上にCVD法等によりSiON膜を形成し、写真製版・エッチング工程によりストライプ状のマスクパターンを形成し、このマスクパターンをマスクとしてウエットエッチングにより、キャップ層110と上クラッド層108の上層部分を除去し、順メサリッジ108aとキャップ層110とで構成される順メサリッジ部109を形成する。

【0013】この順メサリッジ108aの側面はエッチングにより決定され(111)A面である。次に順メサリッジ部109の側面にMOCVD法等のエピタキシャル成長法によりn型GaAsの電流ブロック層112を形成する。次にウエットエッチング等によりSiON膜のマスクパターンを除去し、キャップ層110と電流ブロック層112の上にp型GaAsのコンタクト層114をMOCVD法により形成する。

【0014】最後に、コンタクト層114の上にp側電極116を蒸着等により形成し、基板102の裏面を100μm程度になるまで研削した後、蒸着等によりn側電極118を形成することにより、半導体レーザ100を得ることができる。この半導体レーザ100の上クラッド層108にキャップ層110を設けるのは、上クラッド層108がAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asで構成されているために、キャップ層110が無ければ順メサリッジ108aを形成した後のエッチングマスクを除去する際に上クラッド層108が外気に触れて酸化される。

【0015】Alの酸化膜が形成されると、この部分は電流経路に当たるため素子の電気抵抗が高くなり、また再成長する結晶が劣化するのでこれを防ぐために、第1回目のエピタキシャル成長において、p型GaAsのキ

キャップ層110を形成しておき、順メサリッジ108a形成後エッチングマスクを除去する際の順メサリッジ108a頂上の酸化膜形成を抑制しようとするものである。

【0016】しかしながらキャップ層110及びコンタクト層114を構成するGaAsのバンドギャップは活性層のそれよりも小さいものであるから、キャップ層110で光の吸収が発生する。このために上クラッド層108を充分厚くすることによりレーザ光の吸収ロスを少なくしている。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】従来のレーザ装置は上記のように構成されているので、上クラッド層108を所定の寸法以上、例えば $1.5\mu\text{m}$ 、の厚さにしなければならないという制約がある。

【0018】また横方向の光の閉じ込めは平行部108bを介して隣接する活性層106と電流ブロック層112のバンドギャップの差異により、電流ブロック層112で所定の光を吸収させることにより行っている。このために順メサリッジ108aの基底部の幅 $w$ を所定の寸法以下に設定しないと、レーザ光の横モード特性が不安定になるという制約がある。

【0019】例えばレーザ光の横モードを安定させるためには、順メサリッジ108aの基底部の幅 $w$ を約 $4\mu\text{m}$ 以下にしなければならない。しかしながら基板102の主面を(100)面とすると、上クラッド層108の平行部108bの面の方向と順メサリッジ108aの側面である(111)A面とのなす角度 $\alpha$ は $54^\circ$ で、これはエッチングで決定される。

【0020】順メサリッジ108aの基底部の幅を $4\mu\text{m}$ としたとき、順メサリッジ108aの両側面が交わるとき、つまりの順メサリッジ108aの幅 $u$ が $u=0$ となるとき順メサリッジ108aの高さの限界値(以下この限界値を、“とんがり高さ限界値”と記載する。なおキャップ層110の厚さは順メサリッジ108aの高さに比べて十分薄いので、これを無視する。)は幾何学的に決定され、順メサリッジ108aの高さが約 $1.45\mu\text{m}$ になったときである。

【0021】このようにキャップ層110による光の吸収ロスを抑制するためには上クラッド層108を約 $1.5\mu\text{m}$ 以上必要となり、平行部108bの厚みを通常 $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ とするのであるが、これを考慮したとしても上クラッド層108の平行部108bの面の方向と順メサリッジ108aの側面とのなす角が決まっているから、順メサリッジ108aの高さが“とんがり高さ限界値”に近くなって、順メサリッジ108aの頂上の幅 $u$ はきわめて狭くなり、このために素子抵抗が大きくなるという問題点があった。

【0022】また、図10は他の従来例の順メサリッジ埋込型半導体レーザの斜視図である。図11は図10の

XI-XI断面の断面図である。図10において、200はオフ基板を使用した順メサリッジ埋込型半導体レーザである。202は主面が(100)面を[011]方向に $10^\circ$ オフセットした面であるn型GaAsの基板である。

【0023】204はn型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}$ の下クラッド層、206はアンドープ $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.35}\text{In}_{0.5}\text{P}$ /GaInP MQW構造の活性層、208はp型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の上クラッド層、210はp型GaAsのキャップ層、212はn型GaAsの電流ブロック層、214はp型GaAsのコンタクト層、216はp側電極、218はn側電極である。

【0024】この従来例は基板がオフセットしていることとこれに対応して順メサリッジ208aの側面が左右対称ではない点で先の従来例と相違する。このオフ基板を使用した順メサリッジ208aの一方の側面である

(111)A面が上クラッド層208の平行部208bの面の方向となす角度 $\beta$ は $54^\circ$ より大きくなり、平行部208bの面の方向と他方の側面とのなす角度は小さくなる。

【0025】このためにキャップ層210による光の吸収ロスを抑制するために上クラッド層208を厚くしてリッジを高くすると、リッジが傾いている、つまり側面が非対称になっている分だけ順メサリッジ208aの頂上の幅は(100)面の基板102を使用した先の従来例の場合よりもさらに狭くなり素子抵抗が高くなるという問題点があった。

【0026】またオフ基板を使用した順メサリッジ208aの場合には、順メサリッジ208aの頂上が順メサリッジ208aの中央に位置しないために順メサリッジ208aの頂上の幅が狭くなると相俟って活性層206への電流注入が不均一になり横モードがさらに安定しにくいという問題点があった。なお上述の問題点は、単に利得導波型半導体レーザのみの問題点ではなく、電流ブロック層を上クラッド層のバンドギャップより大きい材料で構成した屈折率導波型半導体レーザにおいても同様である。

【0027】この発明は上記の問題点を解消するためになされたもので、この発明の第1の目的は、順メサリッジ埋込導波型半導体レーザにおいて、順メサリッジ基底部の幅を狭くして横モードの安定性を確保し、かつ上クラッド層の厚みを充分確保して光の吸収ロスを少なくしつつ、電流ブロック層で挟まれた順メサリッジ頂上部の素子抵抗の少い半導体レーザを提供することである。

【0028】第2の目的は、順メサリッジ上の結晶成長界面の結晶劣化に基づくレーザ特性の悪化を抑制した半導体レーザを提供することである。第3の目的は、順メサリッジ頂上部に設けられたキャップ層での光の吸収ロスの少い半導体レーザを提供することである。第4の目的は、結晶成長界面をレーザ光の大部分が分布している

領域の外に置くことにより、界面での結晶劣化がレーザ特性に及ぼす悪影響の少ない半導体レーザを提供することである。

【0029】第5の目的は、オフセット基板を備えている場合に、順メサリッジ頂上部の幅を広く保ち、素子抵抗の増大を抑制し、電流注入が均一に行われ、横モードの安定し易い半導体レーザを提供することである。第6の目的は順メサリッジ埋込導波型半導体レーザにおいて、順メサリッジ基底部の幅を狭くして横モードの安定性を確保し、かつ上クラッド層の厚みを充分確保して光の吸収ロスを少なくしつつ、電流ブロック層で挟まれた順メサリッジ頂上部に設けられたキャップ層での素子抵抗を少なくした半導体レーザの製造方法を提供することである。

【0030】なお、上クラッド層をリッジ状の光ガイド部を介して二つに分けた構成の公知例としては特許第2842465号公報に記載があるが、この公知例はリッジ状の光ガイド部が逆メサ形状のサス型であり、本願と構成を異にし本願のような課題は開示されていない。

【0031】また順メサリッジ埋込型半導体レーザの公知例として、特開平2-305486号公報に記載があるが、この構成は $p\text{-Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ クラッド層の順メサリッジの頂上部に設けられた $p\text{-GaAs}$ 表面保護層と薄くエッチングされた $n\text{-GaAs}$ 電流ブロッキング層とを介して、 $p\text{-GaAs}$ キャップ層を設けた構成であり（この電流ブロッキング層はエッチング除去して直接 $p\text{-GaAs}$ 表面保護層と $p\text{-GaAs}$ キャップ層を接触させてもよい）、本願の従来例相当のものである。

【0032】さらに、順メサリッジを有した上クラッド層上に絶縁膜を形成したリッジ型半導体レーザにおいて、半導体レーザの水平横モードを安定させる際にリッジ導波路の幅を所定幅以下に設定し、光を有効に閉じ込める為のクラッド層の厚さを確保すると、リッジ頂上部の幅が狭くなりリッジ頂上部の絶縁膜を除去するためのエッチング用マスクのマスク合わせが困難となりリッジ導波路の幅を所定値以下にすることができないとの課題に対して、リッジ直下の活性層を所定幅残してその両側を無秩序化してバンドギャップをリッジ直下の活性層よりも大きくし横モードを安定化するという発明が、特開平10-233556号公報に開示されているが、本願の発明と構成を異にしている。

【0033】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体レーザ装置は、主面を有する第1導電型の半導体基板と、この半導体基板の主面上に配設された第1導電型半導体の下クラッド層と、この下クラッド層の上に配設された活性層と、この活性層の上に配設され、基板の主面に沿って延長する順メサリッジ状の第1の部分とこの第1の部分の基底部両側に第1の部分より低い高さで延在した

第2の部分とを有する第2導電型半導体の第1の上クラッド層と、この第1の上クラッド層の第2の部分上、および第1の上クラッド層の第1の部分が有する両側面上に配設された電流ブロック層と、第1の上クラッド層の第1の部分の上に配設された第2導電型半導体の第2の上クラッド層と、を備えたもので、光の吸収ロスを少なくするために必要な上クラッド層の厚さを第1の上クラッド層の順メサリッジ状の第1の部分とこの第1の部分の上に配設された第2の上クラッド層とで確保するので、順メサリッジ状の第1の部分の高さを低くすることができ、このため横モードの安定性を高めるために順メサリッジ状の第1の部分の基底部の幅を狭くしても順メサリッジ状の第1の部分の頂上部が比較的幅広に構成されるから、素子抵抗の増加を抑制することができる。

【0034】さらに、第1の上クラッド層の第1の部分の頂上部に配設された第2導電型半導体のキャップ層をさらに備え、このキャップ層が有する両側面上に電流ブロック層が配設されるとともに、第2の上クラッド層をキャップ層を介して第1の上クラッド層の第1の部分の上に配設したもので、第1の上クラッド層の第1の部分の頂上部に対向して配設される第2の上クラッド層の結晶劣化が少なくなり、結晶劣化によるレーザ特性の悪化を抑制することができる。

【0035】さらに、キャップ層のエネルギーバンドのバンドギャップを活性層のそれよりも大きくしたもので、キャップ層が第1の上クラッド層の第1の部分と第2の上クラッド層との間に介在する点に鑑み、光の吸収ロスを少なくすることができる。さらに、下クラッド層、活性層、第1の上クラッド層、キャップ層および第2の上クラッド層を $\text{GaAs}$ を含む $\text{AlGaAs}$ 系材料で構成したものである。またさらに、下クラッド層、活性層、第1の上クラッド層およびキャップ層を $\text{AlGaInP}$ 系材料で、また第2の上クラッド層を $\text{AlGaAs}$ 系材料で構成したものである。

【0036】さらに第1の上クラッド層の第1の部分と対向しこれに近接する側の第2の上クラッド層の界面から活性層の中心までの距離を、光の強度中心の光強度を単位としたときに光の強度中心から光強度が $1/e$ （ $e$ は自然対数の底）に低下する位置までの距離以上としたもので、結晶劣化を生じる可能性のある界面をレーザ光の大部分が分布している領域の外に配置することにより再成長界面がレーザ特性に及ぼす悪影響を少なくすることができる。

【0037】さらに、半導体基板の主面を（100）面またはその等価な面、第1の上クラッド層の第1の部分の延長方向を $[0-11]$ 方向（ここで $-1$ とあるのは、バー1を示す。以下の記載においても同様である。）またはその等価な方向、およびこの第1の部分の側面を（111）A面またはその等価な面としたものである。

【0038】またさらに、半導体基板の主面を、(100)面を[011]方向に所定の角度オフセットした面またはその等価な面、第1の上クラッド層の第1の部分の延長方向を[0-11]方向またはその等価な方向、およびこの第1の部分の側面を(111)A面またはその等価な面としたもので、オフセット基板を備えている場合に、順メサリッジ頂上部の幅を広く保ち、素子抵抗の増大を抑制し、電流注入が均一に行われ、横モードが安定し易くなる。

【0039】さらに、活性層を多重量子井戸構造としたものである。またこの発明に係る半導体装置の製造方法は、第1導電型の半導体基板上に、第1導電型半導体の下クラッド層、活性層、第2導電型半導体の第1の上クラッド層、および第2導電型半導体のキャップ層を順次形成する工程と、キャップ層の表面上に誘電体膜を形成し、写真製版工程によりストライプ状のマスクパターンを形成する工程と、ストライプ状のマスクパターンをマスクとして、マスク直下にキャップ層を残してキャップ層を貫通し第1の上クラッド層が露呈するまでエッチングし、第1の上クラッド層に順メサリッジ状の第1の部分とこの第1の部分の底部両側に第1の部分より低い高さで延在した第2の部分とを形成する工程と、エッチングに使用したマスクパターンをマスクとして、第1の上クラッド層の第2の部分上、および第1の上クラッド層の第1の部分とこの第1の部分の上に形成されたキャップ層とが有する両側面上に電流ブロック層を形成する工程と、マスクパターンを除去した後、キャップ層の表面上に第2導電型半導体の第2の上クラッド層を形成する工程と、を含むもので、光の吸収ロスを少なくするために必要な上クラッド層の厚さを第1の上クラッド層の順メサリッジ状の第1の部分の上にキャップ層を介して第2の上クラッド層を形成することにより確保すればよいので、順メサリッジ状の第1の部分の高さを低くすることができ、このため横モードの安定性を高めるための順メサリッジ状の第1の部分の基底部の幅が狭くなるようにエッチング除去しても、順メサリッジ状の第1の部分の頂上部が比較的幅広に形成され、またキャップ層の上に第2の上クラッド層を形成して界面近傍での結晶の劣化を防止できるから、素子抵抗の低い半導体レーザを容易に形成することができる。

【0040】

【発明の実施の形態】実施の形態1

図1はこの発明の実施の形態1に係る順メサリッジ埋込型半導体レーザの斜視図、図2は図1のI-I断面の断面図である。ここでは一例として書き込み可能な情報記録媒体であるMO（光磁気ディスク）やCD-R（追記型コンパクトディスク）の書き込み用に使用される、波長が780nm（赤外線）の半導体レーザについて説明する。

【0041】図1および図2において、10は順メサリ

ッジ埋込型の半導体レーザ、12は主面が(100)面であるn型GaAsの基板、14はこの基板12上に配設されたn型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asの下クラッド層で厚みは1.5μm、16はこの下クラッド層14の上に配設されたアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As MQW構造の活性層で、この活性層の厚みは約0.1μmである。

【0042】図3はこの発明に係る半導体レーザのMQW構造の活性層の断面図である。図3において16aはアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asのガイド層で厚みは20nm、16bはアンドープAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asのウエルで厚みは8nm、16cはアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asのバリア層で厚みは8nmである。これらの材料構成及び厚みは一例として挙げている。このMQWのバンドギャップはほぼウエルの材質で決定されるので、MQWのバンドギャップはAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asの近傍の値である。

【0043】図1及び図2にもどって、18は活性層16上に配設されたp型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asの第1上クラッド層、18aは第1上クラッド層18の順メサリッジで、この順メサリッジ18aが導波路を形成する。この順メサリッジ18aの長手方向は[0-11]方向に延長し、この方向がレーザ光の導波方向である。

【0044】18bは順メサリッジ18aの基底部の両側に延在し、順メサリッジ18aの高さよりも低く活性層16に平行に配設された第1上クラッド層18の平行部である。第1上クラッド層18の厚みは順メサリッジ18a直下の第1上クラッド層18の下面から順メサリッジ18aの頂上表面までの厚さが0.8μm、平行部18bの厚みは通常0.2μm～0.3μm程度である。

【0045】20は順メサリッジ18aの頂上表面に配設されたp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asのキャップ層で厚みは0.01μmである。このキャップ層20は第1上クラッド層18よりもAl組成比が小さく、キャップ層20の表面にAlの酸化膜が形成されにくい。従ってキャップ層20の上に再結晶成長を行う際に結晶劣化を少なくすることができる。このキャップ層20と順メサリッジ18aとで順メサリッジ部22を構成している。

【0046】順メサリッジ部22の側面は順メサリッジ部22の中心線に対して対称をなして、図2の紙面に向かって右側の側面は(111)A面で、左側の側面は(1-1-1)A面である。従って平行部18bの面方向と(111)A面、(1-1-1)A面のなす角θaは54°である。24は順メサリッジ部22を埋め込むように第1上クラッド層18の平行部18b上と順メサリッジ部22の両側面上に配設されたn型GaAsの電流ブロック層で厚みは0.5μm～0.6μmである。

【0047】26はキャップ層20および電流ブロック



層24の上にそれらと接して配設されたp型A10.5Ga0.5Asの第2上クラッド層26で厚みは0.7 $\mu$ mである。第2上クラッド層26を構成する材料は必ずしも第1上クラッド層18と同一組成の材料でなくてもよく、そのバンドギャップが活性層16のバンドギャップよりも大きい材料であればよい。

【0048】28は第2上クラッド層26上にこれと接して配設されたp型GaAsのコンタクト層、30はp型GaAsのコンタクト層上に配設されたp側電極として32は基板12の裏面上に配設されたn側電極である。また、34は半導体レーザ10の出射側端面、36は裏面側端面、38の矢印はレーザ光である。

【0049】なお、図2はp側電極30およびn側電極32が除かれた状態の断面図である。次にこの実施の形態1に係る半導体レーザの製造方法について説明する。図4及び図5はこの発明に係る半導体レーザ装置の製造工程に従って示された半導体レーザの断面図である。

【0050】まずn型GaAsの基板12上に、n型A10.5Ga0.5Asの下クラッド層14を1.5 $\mu$ m、合計約0.1 $\mu$ mのアンダーA10.3Ga0.7As/A10.1Ga0.9As MQW構造の活性層16、p型A10.5Ga0.5Asの第1上クラッド層18を0.8 $\mu$ m、p型A10.2Ga0.8Asのキャップ層20を0.01 $\mu$ m、順次MOCVD法等のエピタキシャル成長法で形成する。この工程により形成された素子断面を示したのが図4(a)である。

【0051】次いでキャップ層20の上にCVD法等によりSiON膜を形成し、写真製版・エッチング工程によりレーザの導波方向に延長したストライプ状のSiON膜のマスキパターン40を形成し、このマスキパターン40をマスクとしてウエットエッチングにより、キャップ層20と上クラッド層18の上層部分を除去し、0.2 $\mu$ m～0.3 $\mu$ mの上クラッド層18の平行部18bを残してエッチングを停止し、順メサリッジ18aとキャップ層20とで構成される順メサリッジ部22を形成する。

【0052】このウエットエッチングのエッチャントの一例としては酒石酸と過酸化水素の混合液あるいは硫酸と過酸化水素と水の混合液が使用される。この工程により形成された素子断面を示すのが図4(b)である。この順メサリッジ部22の側面は順メサリッジ部22の中心線に対して対称に形成され、図4(b)の紙面に向かって右側の面は(111)A面で、左側の側面は(1-1-1)A面である。従って、平行部18bの表面の面方位と(111)A面、(1-1-1)A面とのなす角 $\theta_a$ は54°である。

【0053】次にマスクパターン40を選択成長マスクとして、MOCVD法等のエピタキシャル成長法により順メサリッジ部22の側面上及び上クラッド層18の平行部18b上にn型GaAsの電流ブロック層24を形

成し、順メサリッジ部22を埋め込む。電流ブロック層24の厚みは0.5 $\mu$ m～0.6 $\mu$ mである。この工程により形成された素子断面を示すのが図5(a)である。

【0054】次にウエットエッチング等によりSiON膜のマスキパターン40を除去し、キャップ層20および電流ブロック層24の上にそれらと接して、厚みが0.7 $\mu$ mでp型A10.5Ga0.5Asの第2上クラッド層26、及び厚みが1.0 $\mu$ mのp型GaAsのコンタクト層28を順次MOCVD法等で形成する。最後に、コンタクト層28の上にp側電極30を蒸着等により形成し、基板12の裏面を100 $\mu$ m程度になるまで研削した後、蒸着等によりn側電極32を形成することにより、半導体レーザ10が形成される。

【0055】次にこの実施の形態1に係る半導体レーザの動作について説明する。p側電極30とn側電極32の間に順バイアスの電圧を印加することにより、p側電極30からはコンタクト層28及び第2上クラッド層26を経由し、電流ブロック層24で狭められた経路、すなわち順メサリッジ部22を介して活性層16に正孔が、またn側電極32からは基板12と下クラッド層14とを介して活性層106に電子が、それぞれ注入される。

【0056】キャリア(電子と正孔)は下クラッド層14と第1上クラッド層18により活性層16内に閉じ込められ、活性層16で電子と正孔の再結合によって自然放光が発生する。この発生した自然放光を下クラッド層14と第1上クラッド層18及び第2上クラッド層26との間に閉じ込めるとともに横方向は第1上クラッド層18の平行部18bを介しての電流ブロック層24における光の吸収により順メサリッジ部22直下の活性層16を中心とする領域に閉じ込め、順メサリッジ部22を導波路として出射側端面34と裏面側端面36との間で反射させることにより誘導放出を促進し、レーザ光38として外部に取り出す。

【0057】半導体レーザ10の光の閉じ込めは次のようにして行われる。活性層16はアンダーA10.3Ga0.7As/A10.1Ga0.9As MQW構造であり、下クラッド層14と第1上クラッド層18及び第2上クラッド層26はA10.5Ga0.5Asであり、第1上クラッド層18と第2上クラッド層26の間に介在しているキャップ層20はp型A10.2Ga0.8Asであるので、下クラッド層14、第1上クラッド層18、キャップ層20及び第2上クラッド層26のバンドギャップは活性層16のそれよりも大きく屈折率は小さい。

【0058】また電流ブロック層24はGaAsで構成されているために第1上クラッド層18、キャップ層20よりもバンドギャップが小さく第1上クラッド層18及びキャップ層20よりも屈折率大きい。

【0059】このため、順メサリッジ部22直下の活性

層106で発生した光は、各層の積層方向である縦方向においては、下クラッド層14と第1上クラッド層18の順メサリッジ部22及び第2上クラッド層との間に挟まれた領域に閉じ込められる。このとき、下クラッド層14の厚みが $1.5\mu\text{m}$ であり、上クラッド層側は第1上クラッド層18と第2上クラッド層との合成厚みが $1.5\mu\text{m}$ となるので、光の吸収ロスが少なく効率よく閉じ込められる。

【0060】また各積層に沿った方向である横方向の光の閉じ込めは、第1上クラッド層18の平行部18bの厚みを所定の厚み、この実施の形態では $0.2\mu\text{m} \sim 0.3\mu\text{m}$ にして、活性層16と電流ブロック層24とを近接させ、平行部18bを介して活性層16と電流ブロック層24のバンドギャップの差異により電流ブロック層24で所定の光を吸収させることにより、横方向の光の閉じ込めを行っている。この形式の半導体レーザは利得導波型半導体レーザといわれるものである。

【0061】この実施の形態では、上クラッド層側を第1上クラッド層18と第1上クラッド層18の順メサリッジ18aの上に配設されたキャップ層20を介して再成長により配設された第2上クラッド層26とによって構成し、第1上クラッド層18と第2上クラッド層26との厚みの和によって光の吸収ロスを抑制するための上クラッド層としての厚み、例えば $1.5\mu\text{m}$ を確保している。

【0062】このため順メサリッジ18aのみで光の吸収ロスを抑制するための高さを必要とせず、順メサリッジ18aの高さを決定する自由度は大きくなる。すなわちこの実施の形態では第2上クラッド層26の厚みは $0.7\mu\text{m}$ あるので、第1上クラッド層18の平行部18bの厚さ $0.2\mu\text{m} \sim 0.3\mu\text{m}$ を考慮すれば、第1上クラッド層18の順メサリッジ18aの高さは $0.5\mu\text{m} \sim 0.6\mu\text{m}$ でよく、順メサリッジ18aのみで光の吸収ロスを抑制するために必要な上クラッド層の厚さである $1.5\mu\text{m}$ に近い高さにする必要はない。

【0063】一方、横方向の光の閉じ込めを平行部18bを介して活性層16と電流ブロック層24のバンドギャップの差異により電流ブロック層24で所定の光を吸収させることにより行っているため、平行部18bで挟まれる順メサリッジ18aの基底部の幅wを所定の寸法、例えば約 $4\mu\text{m}$ 以下に定めないと、レーザ光の横モード特性が不安定になるという制約がある。

【0064】さらに基板12の主面を(100)面とし、順メサリッジ部22の側面は順メサリッジ部22の中心線に対して対称をなして、図2の紙面に向かって右側の側面が(111)A面、左側の側面が(1-1-1)A面であるとした場合、第1上クラッド層18の平行部18bの面の方向と順メサリッジ部22の側面である(111)A面、(1-1-1)A面とのなす角度 $\theta_a$ は $54^\circ$ という制約がある。

【0065】これら2つの制約を考慮したときの順メサリッジ18aの“とんがり高さ限界値”は既に指摘したように約 $1.45\mu\text{m}$ であり、この実施の形態の順メサリッジ18aの高さの一例が $0.5\mu\text{m} \sim 0.6\mu\text{m}$ とすると、“とんがり高さ限界値”の半分以下の高さとなり、順メサリッジ18aの基底部の幅wを約 $4\mu\text{m}$ としても順メサリッジ18aの頂上の幅uも順メサリッジ18aの基底部の幅の半分以上確保でき、素子抵抗の増大を抑制することができる。このため電力損失が少なく高出力が可能となる。

【0066】なお順メサリッジ18aの高さの範囲は、電流遮断のための電流ブロック層24としての必要厚さや横モードを安定化させるための電流ブロック層24での光の吸収を考慮した電流ブロック層24の厚さなどを考慮して最も低い高さが決定でき、順メサリッジ18aの頂上部の幅に基づく素子抵抗値から上限値が決定できる。これらのことを考慮すると順メサリッジ18aの高さの範囲は $0.4\mu\text{m} \sim 1.1\mu\text{m}$ 程度となる。

【0067】すなわちこの実施の形態では、順メサリッジを有する埋込型半導体レーザにおいて、上クラッド層を順メサリッジの部分に有する第1上クラッド層18とこの上に再成長により形成された第2上クラッド層26とで構成することにより、光の吸収ロスを少なくするための上クラッド層の必要厚さを確保しているため、順メサリッジの高さを低くすることができ、これにより順メサリッジ頂上部の幅が広くなり、素子抵抗の増大を抑制できる。

【0068】また、第1上クラッド層18と第2上クラッド層26の両方で上クラッド層として機能させているので、製造方法によっては第1上クラッド層18と第2上クラッド層26との間に再成長界面が形成される。このとき第2上クラッド層の再成長界面近傍で結晶劣化を生じさせないことがより望ましい。そこでこの実施の形態では第1上クラッド層18の上にp型A10.2Ga0.8Asのキャップ層20を第1回目のエピタキシャル成長により形成し、再成長界面はキャップ層20と第2上クラッド層26との間に形成している。

【0069】キャップ層20のA1組成は0.2であり、第1上クラッド層18のA1組成0.5と比較して小さくなるので、キャップ層20が外気に触れても酸化の程度が第1上クラッド層18に比べて少なくなり、酸化膜の形成が少ない。このためキャップ層20の上に第2上クラッド層26を再成長させたとしても、再成長界面での第2上クラッド層26の結晶の劣化が少なく、レーザ特性の悪化を抑制し、信頼性を高くすることができる。

【0070】また、第1上クラッド層18と第2上クラッド層26との間に介在して配設されたキャップ層20はp型A10.2Ga0.8Asで形成されていて、キャップ層20のバンドギャップはA10.3Ga0.7As/A10.

1Ga0.9As MQW構造の活性層16のバンドギャップより大きい。従ってキャップ層20が第1上クラッド層18と第2上クラッド層26との間に介在して配設されていても、キャップ層20での光の吸収ロスはいきなり小さくなり、これを無視することができ、光の吸収ロスの少ない半導体レーザを構成することができる。

【0071】また、通常使用されるレーザにおいて光の強度分布をガウス分布と考えると、レーザ光の中心位置での光強度を単位としたときに、レーザ光の強度中心から光強度が $1/e^1$  ( $e$ は自然対数の底)に低下する位置までの距離を半径とする領域内に、レーザ光の大部分が閉じ込められていると考えられる。このため第1上クラッド層18と第2上クラッド層26との間に再成長界面が形成されるというこの実施の形態の構成に鑑みて、レーザ光の強度中心を中心としレーザ光の強度中心から光強度が $1/e^1$  ( $e$ は自然対数の底)に低下する位置までの距離を半径とする領域の外に再成長界面を位置させることにより、第2上クラッド層26の再成長界面近傍で結晶劣化が生じたとしても、結晶劣化によるレーザ特性の影響を少なくし、レーザ特性の悪化を抑制することができる。また同様にキャップ層20を形成する場合には、レーザ光の強度中心を中心としレーザ光の強度中心から光強度が $1/e^1$  ( $e$ は自然対数の底)に低下する位置までの距離を半径とする領域の外にキャップ層20の表面を位置させることにより、キャップ層20と第2上クラッド層26の再成長界面近傍で結晶劣化が生じたとしても、結晶劣化によるレーザ特性の悪化を抑制することができる。

【0072】上述した実施の形態1では、下クラッド層14、第1上クラッド層18および第2上クラッド層26を $Al_{1-x}Ga_{1-x}In_{0.5}P$  ( $1 \geq x \geq 0$ )で形成してもよい。またこの場合は、電流ブロック層24を $Al_yGa_{1-y}In_{0.5}P$  ( $y > x$ )で形成してもよい。また実施の形態1では、活性層16をアンドープ $Al_{0.3}Ga_{0.7}As/Al_{0.1}Ga_{0.9}As$  MQW構造とした発振波長が780nm (赤外線)の半導体レーザについて説明したが、活性層16をアンドープ $GaAs/In_{0.1}Ga_{0.9}As$  MQW構造とした発振波長が980nm (赤外線)の半導体レーザについても同様の効果を奏する。

【0073】また発振波長が980nm (赤外線)の半導体レーザについて活性層16をアンドープ $GaAs/In_{0.1}Ga_{0.9}As$  MQW構造とした場合、電流ブロック層24を $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ で形成してもよい。さらに下クラッド層14、第1上クラッド層18および第2上クラッド層26を $Al_{1-x}Ga_{1-x}In_{0.5}P$  ( $1 \geq x \geq 0$ )で形成し、電流ブロック層24を $Al_yGa_{1-y}In_{0.5}P$  ( $y > x$ )で形成してもよい。

【0074】また、活性層16をアンドープ $Al_{0.15}Ga_{0.35}In_{0.5}P/GaInP$  MQW構造とし、下クラ

ッド層14、第1上クラッド層18および第2上クラッド層26を $Al_xGa_{1-x}In_{0.5}P$  ( $1 \geq x \geq 0$ )、キャップ層20を $Al_{0.1}Ga_{0.4}In_{0.5}P$ 、電流ブロック層24を $GaAs$ で形成した発振波長が680nm (赤色)の半導体レーザについても同様の効果を奏する。そしてこの場合、電流ブロック層24を $Al_yGa_{1-y}In_{0.5}P$  ( $y > x$ )で形成してもよい。

#### 【0075】実施の形態2

図6はこの発明の他の実施の形態に係る順メサリッジ埋込型半導体レーザの斜視図、図7は図6のV I I-V I断面の断面図である。ここでは一例として、赤色レーザにより説明する。

【0076】実施の形態2は半導体基板の主面が(100)面を[011]方向に、所定の角度例えば $10^\circ$ オフセットした面である半導体基板(以下、オフ基板という)を使用している点が実施の形態1との主たる相違である。そしてオフ基板を使用することにより、オフセットしない基板を用いた場合に比べて順メサリッジの頂上部分の幅 $u$ が一層狭くなるので、上クラッド層を順メサリッジの部分に有する第1上クラッド層とこの上に再成長により形成された第2上クラッド層とで構成し、光の吸収ロスを少なくするための上クラッド層の必要厚さを確保することにより、第1上クラッド層に形成される順メサリッジの高さを低くすることで順メサリッジの頂上部分の幅 $u$ を広くでき、素子抵抗の増大を抑制することができる。

【0077】図6および図7において、50は順メサリッジ埋込型の半導体レーザ、52は主面が(100)面を[011]方向に所定の角度、ここでは一例として $10^\circ$ オフセットした面である $n$ 型 $GaAs$ の基板、54はこの基板52上に配設された $n$ 型 $Al_{0.35}Ga_{0.15}In_{0.5}P$ の下クラッド層で厚みは $1.5\mu m$ 、56はこの下クラッド層14の上に配設されたアンドープ $Al_{0.15}Ga_{0.35}In_{0.5}P/GaInP$  MQW構造の活性層で、この活性層の厚みは約 $0.1\mu m$ である。58は活性層56上に配設された $p$ 型 $Al_{0.35}Ga_{0.15}In_{0.5}P$ の第1上クラッド層、58aは第1上クラッド層58の順メサリッジで、この順メサリッジ58aが導波路を形成している。この順メサリッジ58aの長手方向は[0-11]方向に延長し、この方向がレーザ光の導波方向である。58bは順メサリッジ58aの基底部の両側に延在し順メサリッジ58aの高さよりも低く活性層56に平行に配設された第1上クラッド層58の平行部である。

【0078】第1上クラッド層58の厚みは順メサリッジ58a直下の第1上クラッド層58の下面から順メサリッジ58aの頂上表面までの厚さが $0.8\mu m$ 、平行部58bの厚みは通常 $0.2\mu m \sim 0.3\mu m$ 程度である。60は順メサリッジ58aの頂上表面に配設された $p$ 型 $Al_{0.1}Ga_{0.4}In_{0.5}P$ のキャップ層で厚みは

0.01 $\mu\text{m}$ である。このキャップ層60は、表面にAlの酸化膜を形成し難くし、この上に再成長を行う際に結晶劣化を少なくするためのもので、第1上クラッド層58よりAl組成比を小さくしている。このキャップ層60と順メサリッジ58aとで順メサリッジ部62を構成している。

【0079】順メサリッジ部62の側面は順メサリッジ部62の中心線に対して非対称をなして、図6の紙面に向かって右側の側面は(111)A面、左側側面は(1-1-1)A面である。従って平行部58bの面方向と(111)A面のなす角 $\theta$ は64°で、図6の紙面に向かって左側の側面(1-1-1)A面と平行部58bの面方向とのなす角は44°である。このように順メサリッジ部62の側面は図6の紙面に向かって右側の側面はなだらかで、左側の側面は急峻になる。

【0080】さらに平行部58bで挟まれる順メサリッジ58aの基底部の幅wに対する頂上部の幅uの比率は、左右対称の側面を有する場合(実施の形態1の場合)に比べて一層小さく、また頂上部は順メサリッジ58aの基底部の中心線から左側にずれている。64は順メサリッジ部62を埋め込むように順メサリッジ部62の両側面上および第1上クラッド層58の平行部58b上に配設されたn型GaAsの電流ブロック層で厚みは0.5~0.6 $\mu\text{m}$ である。

【0081】66はキャップ層60および電流ブロック層64の上にそれらと接して配設されたp型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>Asの第2上クラッド層で厚みは0.7 $\mu\text{m}$ である。第1上クラッド層がp型Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.15</sub>In<sub>0.5</sub>Pで、第2上クラッド層66を構成する材料がp型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>Asとしているのは、第2上クラッド層66を再成長により形成する際に格子不整合が起きにくいからであり、第1上クラッド層58と第2上クラッド層66の材料は、そのバンドギャップが活性層56のバンドギャップよりも大きい材料であればよい。

【0082】68は第2上クラッド層66上にこれと接して配設されたp型GaAsのコンタクト層、70はp型GaAsのコンタクト層上に配設されたp側電極そして72は基板52の裏面上に配設されたn側電極である。また、74は半導体レーザ50の射出側端面、76は裏面側端面、78の矢印はレーザ光である。なお、図7はp側電極70およびn側電極72が除かれた状態の断面図である。

【0083】またこの例ではオフセット量が一例として10°のものについて説明したが、オフセット量は5°~20°望ましくは10°~15°の範囲であればよい。さらに、順メサリッジ58aの高さの範囲は、実施の形態1の場合と略々同じで、0.4 $\mu\text{m}$ ~1.1 $\mu\text{m}$ 程度である。

【0084】この実施の形態2に係る半導体レーザの製造方法は、オフ基板を使用すること以外は実施の形態1

と同様の工程を経て製造される。まず主面が(100)面を[011]方向に10°オフセットした面であるn型GaAsの基板52上に、n型Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.15</sub>In<sub>0.5</sub>Pの下クラッド層54を1.5 $\mu\text{m}$ 、合計約0.1 $\mu\text{m}$ のアンドープAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.35</sub>In<sub>0.5</sub>P/GaInP MQW構造の活性層56、p型Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.15</sub>In<sub>0.5</sub>Pの第1上クラッド層58を0.8 $\mu\text{m}$ 、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.4</sub>In<sub>0.5</sub>Pのキャップ層60を0.01 $\mu\text{m}$ 、順次MOCVD法等のエピタキシャル成長法で形成する。オフ基板を使用するのは結晶成長しやすい点を考慮して使用している。

【0085】次いでキャップ層60の上にCVD法等によりSiON膜を形成し、写真製版・エッチング工程によりレーザの導波方向に延長したストライプ状のSiON膜のマスキパターンを形成し、このマスキパターンをマスクとしてウエットエッチングにより、キャップ層60と上クラッド層58の上層部分を除去し、0.2 $\mu\text{m}$ ~0.3 $\mu\text{m}$ の第1上クラッド層58の平行部58bを残してエッチングを停止し、順メサリッジ58aとキャップ層60とで構成される順メサリッジ部62を形成する。このウエットエッチングのエッチャントの一例としては硫酸と過酸化水素と水の混合液が使用される。

【0086】順メサリッジ部62の側面は順メサリッジ部62の中心線に対して非対称をなして、図7の紙面に向かって右側の側面である(111)A面は平行部58bの面方向とのなす角 $\theta$ は64°で、紙面に向かって左側の側面である(1-1-1)A面と平行部18bの面の方向とのなす角は44°である。このように順メサリッジ部62の側面は(111)A面側はなだらかで、(1-1-1)A面側は急峻になる。さらに平行部58bで挟まれる順メサリッジ58aの基底部の幅に対する頂上部の幅の比率は、左右対称の側面を有する場合(実施の形態1の場合)に比べて一層小さくまた頂上部は順メサリッジ58aの基底部の中心線から左側にずれている。

【0087】次に残ったマスキパターンを選択成長マスクとして、順メサリッジ部62の側面上及び第1の上クラッド層58の平行部18b上にMOCVD法等のエピタキシャル成長法によりn型GaAsの電流ブロック層64を形成し、順メサリッジ部62を埋め込む。電流ブロック層24の厚みは0.5 $\mu\text{m}$ ~0.6 $\mu\text{m}$ である。次にウエットエッチング等によりSiON膜のマスキパターンを除去し、キャップ層60および電流ブロック層64の上にそれらと接して、厚みが0.7 $\mu\text{m}$ でp型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>Asの第2上クラッド層66、及び厚みが1.0 $\mu\text{m}$ のp型GaAsのコンタクト層68が順次MOCVD法等で形成される。

【0088】最後に、コンタクト層68の上にp側電極70を蒸着等により形成し、基板12の裏面を100 $\mu\text{m}$ 程度になるまで研削した後、蒸着等によりn側電極7

2を形成することにより、半導体レーザ50が形成される。

【0089】第2上クラッド層66としてp型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ を使用するのは格子不整合が起きにく点を考慮したものである。すなわち第2上クラッド層66を第1上クラッド層58と同じp型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ で形成すると、順メサリッジ部62の両側面上端に形成される電流ブロック層64の凸部と接する部分の、p型 $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の第2上クラッド層66で組成変調により生じる歪みにより結晶劣化が起き、信頼性等のレーザ特性が悪化すると考えられる。そのために第2上クラッド層66としてp型 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ を使用し、組成変調による結晶歪みを少なくすることにより、レーザ特性の良好な赤色半導体レーザを得ることができる。

【0090】次にこの実施の形態2に係る半導体レーザの動作であるが、レーザの発光機構及び光の閉じ込めの仕組みは、実施の形態1で説明したものと同様で、利得導波型半導体レーザである。この実施の形態では、オフ基板を使用しているために、順メサリッジ部62の側面は図6の紙面に向かって右側の側面はなだらかで、左側の側面は急峻になり、平行部58bで挟まれる順メサリッジ58aの基底部の幅に対する順メサリッジ58aの頂上部の幅の比率は、左右対称の側面を有する場合（実施の形態1の場合）に比べて一層小さい。

【0091】このために上クラッド層を順メサリッジ58aの部分の有する第1上クラッド層58とこの上に再成長により形成された第2上クラッド層66とで構成し、光の吸収ロスを少なくするための上クラッド層の必要厚さを確保するようにしているので、順メサリッジ58aの高さを低くすることができる。これによりオフ基板故に順メサリッジ58aの高さが高くなれば、オフセットしない基板を使用したときよりも一層順メサリッジ頂上部の幅が狭くなるという不利益点を解消でき、順メサリッジ頂上部の幅を広く保ち得て、素子抵抗の増大を抑制することができる。

【0092】さらに、オフ基板を使用しているために、第1の上クラッド層58の順メサリッジ58aの頂上部の中心は順メサリッジ58aの基底部中心線からオフセットしている。このために順メサリッジ58aの高さが高くなると頂上部の幅が狭くなりしかもこの電流経路が第1上クラッド層58の基底部中心線からずれているので、第1の上クラッド層58の基底部直下の活性層への電流注入が均一に行われなくなるといった問題点に対して、順メサリッジ58aの高さを低くすることにより順メサリッジ頂上部の幅を広く保ち得るので、順メサリッジ58aの頂上部の中心が順メサリッジ58aの基底部の中心線からオフセットしたとしても第1の上クラッド層58の基底部直下の活性層への電流注入が均一に行われ、横モードが安定しやすいという効果がある。

【0093】実施の形態2において、電流ブロック層64として $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層( $y>0$ 、7)層を形成した屈折率導波型半導体レーザについても同様の効果を奏する。また上述の実施の形態1及び2説明では、電流ブロック層64としてGaAs層形成した利得導波型半導体レーザについて説明したが、屈折率導波型半導体レーザについても同様の効果を奏する。

【0094】また実施の形態1では、半導体基板の主面が(100)面、順メサリッジ18aの延長方向が $[0-11]$ 方向、順メサリッジ18aの側面を(111)A面、 $(1-1-1)$ A面とした場合について説明したが、半導体基板の主面が所定の結晶面をなし、この基板主面に平行に順メサリッジ18aが延長された場合において、順メサリッジ18aの両側面が、III族元素の安定化面で構成される場合、即ち半導体基板の主面が(100)面と等価な面で、順メサリッジ18aの延長方向が $[0-11]$ 方向と等価な方向に延長し、順メサリッジ18aの側面を(111)A面、 $(1-1-1)$ A面のそれぞれ等価な面とした場合においても同様の効果を奏する。

【0095】さらにまた実施の形態2では、半導体基板の主面が(100)面を $[011]$ 方向に所定の角度オフセットした半導体基板、順メサリッジ18aの延長方向が $[0-11]$ 方向、順メサリッジ18aの側面を(111)A面、 $(1-1-1)$ A面とした場合について説明したが、半導体基板の主面が所定の結晶面を所定の角度オフセットをなした半導体基板を用い、この基板主面に平行に順メサリッジ18aが延長された場合において、順メサリッジ18aの両側面が、III族元素の安定化面で構成される場合、即ち半導体基板の主面が(100)面と等価な面で、順メサリッジ18aの延長方向が $[0-11]$ 方向と等価な方向に延長し、順メサリッジ18aの側面を(111)A面、 $(1-1-1)$ A面のそれぞれ等価な面とした場合においても同様の効果を奏する。

【0096】

【発明の効果】この発明に係る半導体レーザ装置及びその製造方法は以上に説明したような構成及び製造工程を備えているので、以下のような効果を有する。この発明に係る半導体レーザ装置は、基板の主面に沿って延長する順メサリッジ状の第1の部分とこの第1の部分の基底部両側に第1の部分より低い高さで延在した第2の部分とを有する第2導電型半導体の第1の上クラッド層と、この第1の上クラッド層の第2の部分上、および第1の上クラッド層の第1の部分が有する両側面上に配設された電流ブロック層と、第1の上クラッド層の第1の部分の上に配設された第2導電型半導体の第2の上クラッド層と、を備えたので、光の吸収ロスを少なくするために必要な上クラッド層の厚さを第1の上クラッド層の順メサリッジ状の第1の部分とこの第1の部分の上に配設さ

れた第2の上クラッド層とて確保するようにしたので、順メサリッジ状の第1の部分の高さを低くすることができ、このため横モードの安定性を高めるために順メサリッジ状の第1の部分の基底部の幅を狭くしても順メサリッジ状の第1の部分の頂上部が比較的幅広に構成されるから、素子抵抗の増加を抑制することができる。このため電力効率が高く高出力で横モードの安定した半導体レーザ装置を構成することができる。

【0097】さらに、第1の上クラッド層の第1の部分の頂上部に配設された第2導電型半導体のキャップ層をさらに備え、このキャップ層を介して第2の上クラッド層を第1の上クラッド層の第1の部分の上に配設したので、第2の上クラッド層の結晶劣化が少なくなり、結晶劣化によるレーザ特性の悪化を抑制することができ、信頼性の高い半導体レーザ装置を構成することができる。

【0098】さらに、キャップ層のバンドギャップを活性層のそれよりも大きくしたもので、キャップ層が第1の上クラッド層の第1の部分と第2の上クラッド層との間に介在する点に鑑み、キャップ層における光の吸収ロスを少なくすることができ、高出力な半導体レーザ装置を構成することができる。

【0099】さらに、下クラッド層、活性層、第1の上クラッド層、キャップ層および第2の上クラッド層をGaAsを含むAlGaAs系材料で構成したので、電力効率が高く高出力で横モードの安定した赤外領域の波長を有する半導体レーザ装置を構成することができる。

【0100】またさらに、下クラッド層、活性層、第1の上クラッド層およびキャップ層をAlGaInP系材料で、また第2の上クラッド層をAlGaAs系材料で構成したので、電力効率が高く高出力で横モードの安定した赤色領域の波長を有する半導体レーザ装置を構成することができる。

【0101】さらに第1の上クラッド層の第1の部分と対向しこれに近接する側の第2の上クラッド層の界面から活性層の中心までの距離を、光の強度中心の光強度を単位としたときに光の強度中心から光強度が $1/e$ （ $e$ は自然対数の底）に低下する位置までの距離以上とし、結晶劣化を生じる可能性のある界面をレーザ光の大部分が分布している領域の外に配置したので、再成長界面がレーザ特性に及ぼす悪影響を少なくすることができ、信頼性の高い半導体レーザ装置を構成することができる。

【0102】さらに、半導体基板の主面を（100）面またはその等価な面、第1の上クラッド層の第1の部分の延長方向を $[0-11]$ 方向またはその等価な方向、およびこの第1の部分の側面的一方を（111）A面またはその等価な面としたので、電力効率が高く高出力で横モードの安定した安価な半導体レーザ装置を構成することができる。

【0103】またさらに、半導体基板の主面を、（10

0）面を $[011]$ 方向に所定の角度オフセットした面またはその等価な面、第1の上クラッド層の第1の部分の延長方向を $[0-11]$ 方向またはその等価な方向、およびこの第1の部分の側面的一方を（111）A面またはその等価な面としたので、オフセット基板を備えている場合に、順メサリッジ頂上部の幅を広く保ち、素子抵抗の増大を抑制し、電流注入が均一に行われ、横モードが安定し易くなり、電力効率が高く高出力で横モードの安定した安価な半導体レーザ装置を構成することができる。

【0104】さらに、活性層を多重量子井戸構造としたので、発振閾値電流が低く電力効率が高く、高出力で横モードの安定した半導体レーザ装置を構成することができる。またこの発明に係る半導体装置の製造方法は、第1導電型の半導体基板上に、第1導電型半導体の下クラッド層、活性層、第2導電型半導体の第1の上クラッド層、および第2導電型半導体のキャップ層を順次形成する工程と、キャップ層の表面上に誘電体膜を形成し、写真製版工程によりストライプ状のマスクパターンを形成する工程と、ストライプ状のマスクパターンをマスクとして、マスク直下にキャップ層を残してキャップ層を貫通し第1の上クラッド層が露呈するまでエッチングし、第1の上クラッド層に順メサリッジ状の第1の部分とこの第1の部分の底部両側に第1の部分より低い高さで延在した第2の部分とを形成する工程と、エッチングに使用したマスクパターンをマスクとして、第1の上クラッド層の第2の部分上、および第1の上クラッド層の第1の部分とこの第1の部分の上に形成されたキャップ層とが有する両側面上に電流ブロック層を形成する工程と、マスクパターンを除去した後、キャップ層の表面上に第2導電型半導体の第2の上クラッド層を形成する工程と、を含むので、光の吸収ロスを少なくするために必要な上クラッド層の厚さを第1の上クラッド層の順メサリッジ状の第1の部分の上にキャップ層を介して第2の上クラッド層を形成することにより確保するようにしたので、順メサリッジ状の第1の部分の高さを低くすることができ、このため横モードの安定性を高めるための順メサリッジ状の第1の部分の基底部の幅を狭くなるように除去しても、順メサリッジ状の第1の部分の頂上部が比較的幅広に形成され、またキャップ層の上に第2の上クラッド層を形成して界面近傍での結晶の劣化を防止できるから、素子抵抗の低い半導体レーザを容易に形成することができ、電力効率が高く高出力で横モードの安定した半導体レーザ装置を容易に形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に係る半導体レーザ装置の斜視図である。

【図2】 図1のII-II断面の断面図である。

【図3】 この発明に係る半導体レーザ装置の活性層の断面図である。



【図4】 この発明に係る半導体レーザ装置の製造工程に従って示された半導体レーザの断面図である。

【図5】 この発明に係る半導体レーザ装置の製造工程に従って示された半導体レーザの断面図である。

【図6】 この発明の他の実施の形態に係る半導体レーザ装置の斜視図である。図6のV I I - V I I 断面の断面図である。

【図7】 図6のV I I - V I I 断面の断面図である。

【図8】 従来の半導体レーザ装置の斜視図である。

【図9】 図8のI X - I X 断面の断面図である。

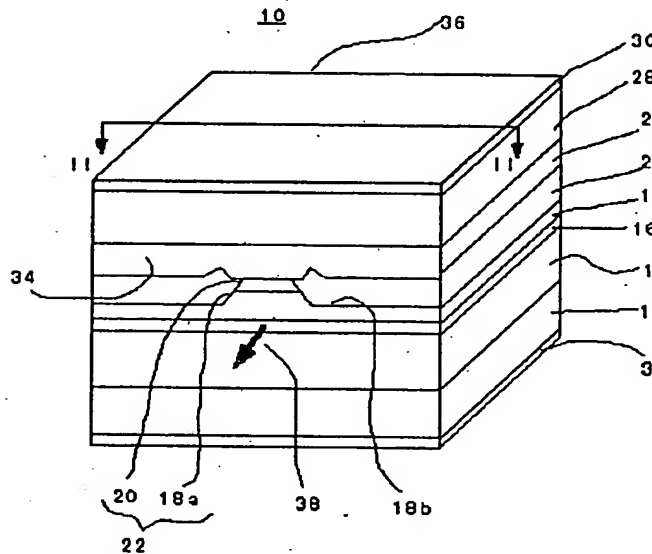
【図10】 他の従来例の半導体レーザ装置の斜視図である。

【図11】 図10のX I - X I 断面の断面図である。

【符号の説明】

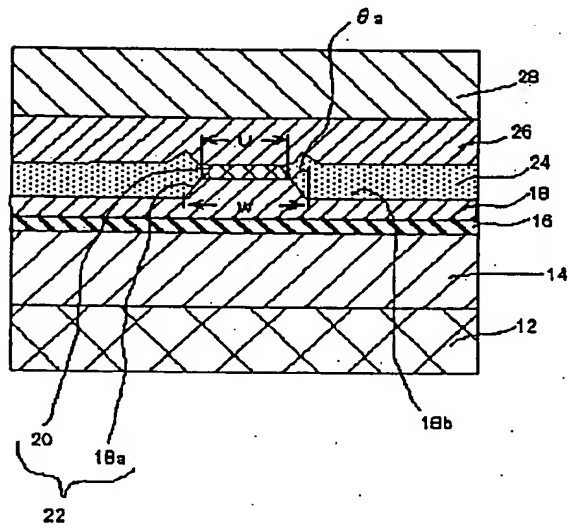
12 基板、 14 下クラッド層、 16 活性層、 18 第1上クラッド層、 24 電流ブロック層、 26 第2上クラッド層、 20 キャップ層

【図1】

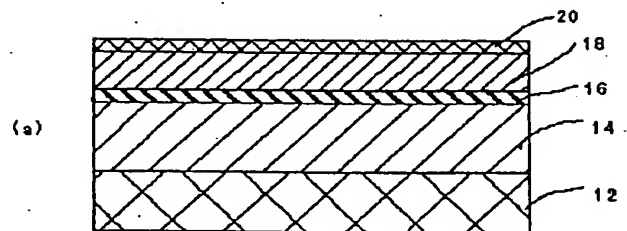


12: 基板 14: 下クラッド層 16: 活性層  
18: 第1上クラッド層 24: 電流ブロック層  
26: 第2上クラッド層 20: キャップ層

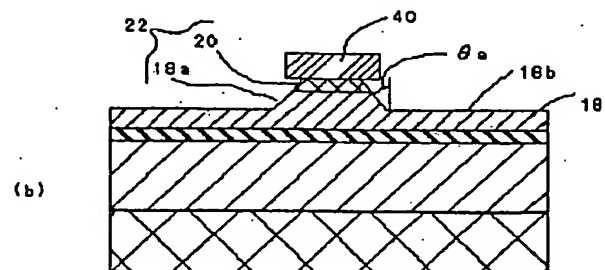
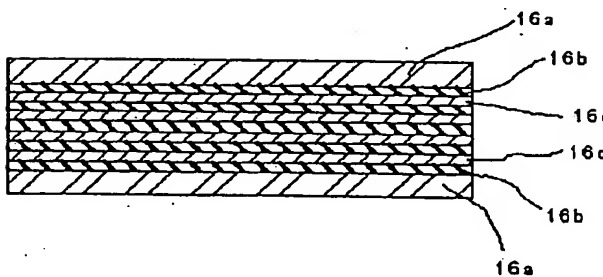
【図2】



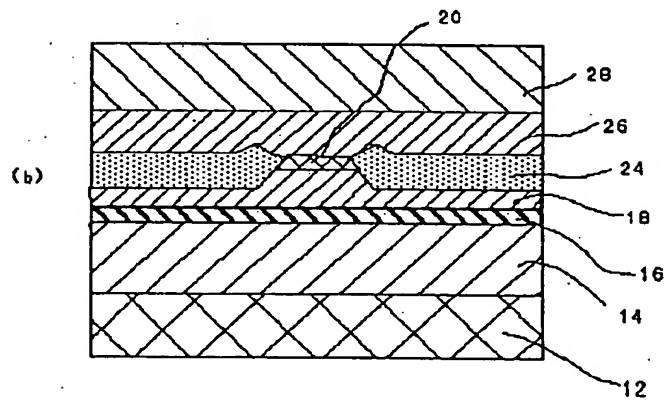
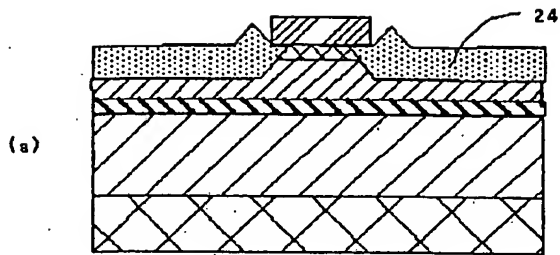
【図4】



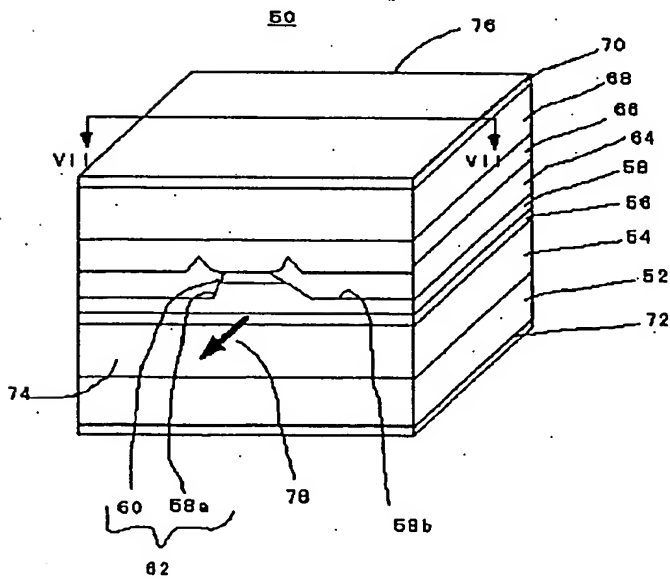
【図3】



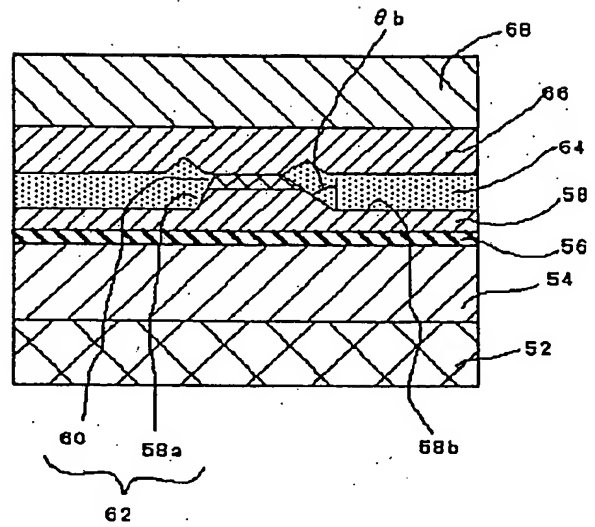
【図5】



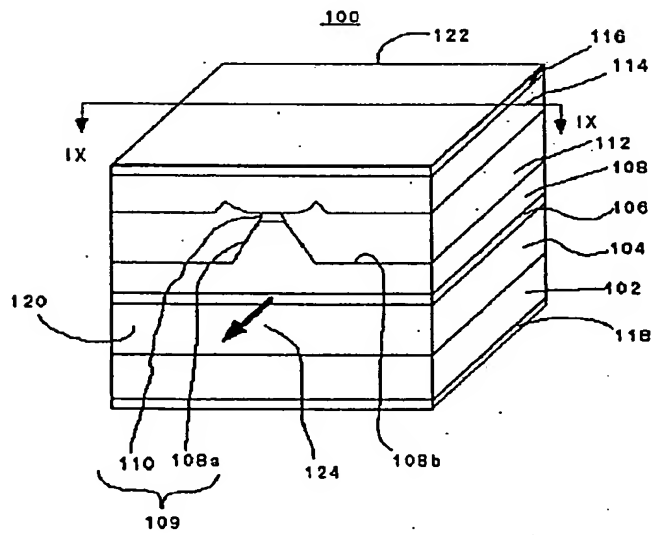
【図6】



【図7】

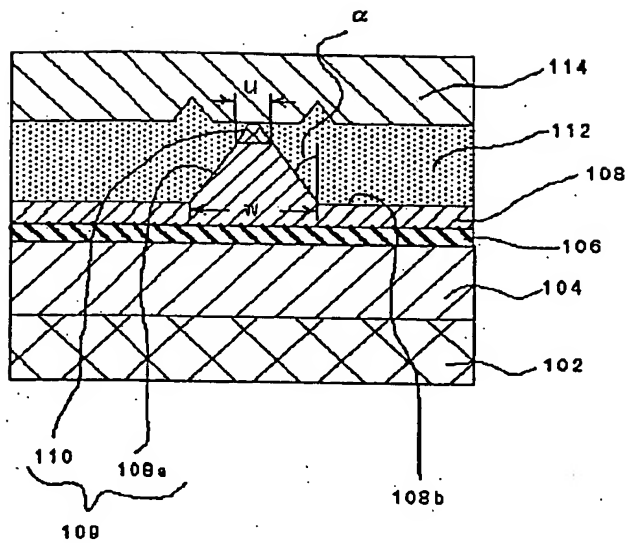


【図8】

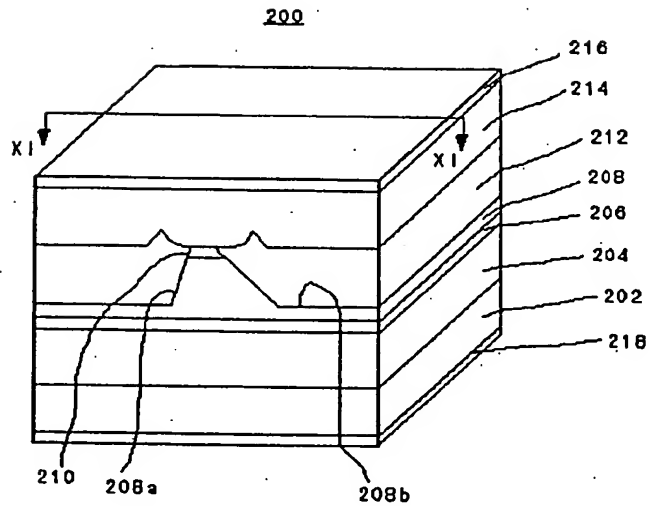




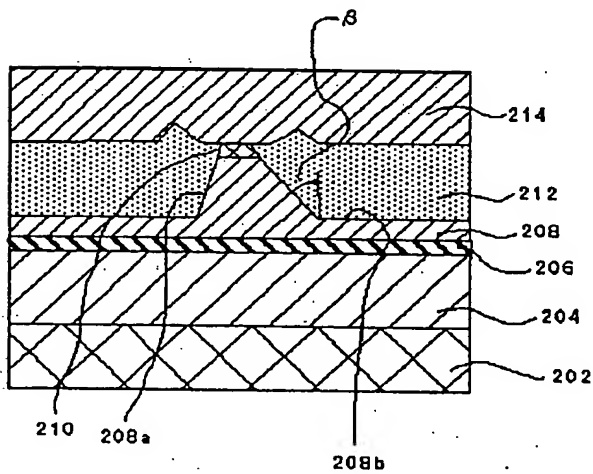
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 島 顕洋  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 大倉 裕二  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
Fターム(参考) 5F073 AA07 AA74 CA04 CA13 CB10  
DA05 DA23 EA03 EA24